

На рис. 1 приведено полученное сечение реакции  $^{186}\text{W}(d,2n)^{186}\text{Re}$ , которые неплохо согласуются с данными других авторов [3]. Выход  $^{186}\text{Re}$  для  $E_d = 12,5$  МэВ и толстой мишени из природного металлического вольфрама, оказался равен  $(2.3 \pm 0.1)$  МБк/мкАч. Для мишени из обогащенного  $^{186}\text{W}$  выход равен  $(8.2 \pm 0.3)$  МБк/мкАч.

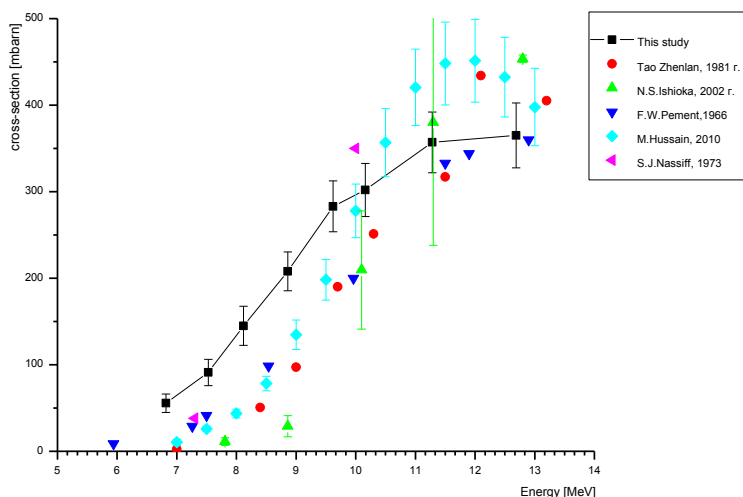


Рисунок 1. Сечение реакции  $^{186}\text{W}(d,2n)^{186}\text{Re}$

Полученные данные подтверждают возможность наработки до 4-5 ГБк  $^{186}\text{Re}$  за 10-12 часов облучения мишени из обогащенного  $^{186}\text{W}$  на низкоэнергетическом циклотроне типа Р-7М для получения терапевтических радиофармацевтических препаратов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Изотопы: свойство, получение, применение. В.2 т. Т. 2./ Под ред. В.Ю. Баранова. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 728 с.
2. Alekseev I.E., Lazarev V.V. Cyclotron production and radiochemical isolation of the therapeutical radionuclide  $^{186}\text{Re}$ , Radiochemistry. – v.48 (2006) .- p. 446.
3. Рекомендуемые сечения  $^{186}\text{W}(d,2n)^{186}\text{Re}$  реакции [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www-nds.iaea.org/radionuclides/w86d6re0.html>

#### ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ $^{111}\text{In}$ ДЛЯ ЯДЕРНОЙ МЕДИЦИНЫ

В.М. Головков, А.А. Гарапакский, А.М. Большаков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: [golovkov@tpu.ru](mailto:golovkov@tpu.ru)

Радиофармацевтические препараты на основе радионуклида  $^{111}\text{In}$  относят к числу наиболее широко используемых в ядерной медицине [1].  $^{111}\text{In}$  применяют для меченя клеточных компонентов крови, моноклональных антител, обнаружения патологий миокарда, локализации абсцессов циститов почек, радиоиммунноглобулиновой терапии, визуализации очагов воспаления, опухолей в онкологии и в других областях [2-3]. Радионуклид  $^{111}\text{In}$  представляет интерес также и для радионуклидной терапии онкологических заболеваний, поскольку он испускает Оже-электроны, имеющие высокую линейную передачу энергии (ЛПЭ), сопоставимую с ЛПЭ  $\alpha$ -частиц.

В данной работе рассмотрены особенности получения  $^{111}\text{In}$  с использованием классического циклотрона Томского политехнического университета типа Р7М, с целью обеспечения медицинских учреждений Восточной части России РФП на его основе.

С учетом, того что энергия пучка протонов в циклотроне равна 11 МэВ для производства  $^{111}\text{In}$  была выбрана реакция  $^{111}\text{Cd}(p, n)^{111}\text{In}$ . Приемлемая наработка активности  $^{111}\text{In}$  может быть получена только на обогащенном по изотопу  $^{111}\text{Cd}$  ( $95,92 \pm 0,06\%$ ) металлическом кадмий.

Облучение мишени проводили в ускорительной камере, используя внутреннюю охлаждаемую мишень. В качестве мишени использовали медную пластину, покрытую 10 мкм слоем золота в качестве подложки, на которую наносили металлический кадмий. Внутренняя мишень крепилась на отдельном штоке источника ионов. Ток пучка протонов в камере, по крайней мере, в 2 раза больше, чем в выведенном пучке и достигает 60-80 мкА.

Для уменьшения тепловой нагрузки мишень ориентировали под углом  $6^\circ$  к пучку. Это позволило увеличить поверхность мишени и уменьшить физическую толщину мишенного материала без изменения пробега протонов в нём.

После облучения кадмий растворяли в 6N HBr,  $^{111}\text{In}$  экстрагировали в диизопропиловый эфир, затем экстрагировали в 8M HCl, высушивали до сухого осадка. Осадок содержащий  $^{111}\text{In}$ , растворяли в 0.05M HCl и получали готовый препарат, который по качественным показателям, соответствует требованиям к препарату «Индия хлорид, [ $^{111}\text{In}$ ]», субстанция-раствор для приготовления радиофармацевтических препаратов

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lahiri S., Maiti M., Ghosh K. Production and separation of  $^{111}\text{In}$ : an important radionuclide in life sciences: a mini review // J. Radioanal. Nucl. Chem. – 2013. – V.297. – P. 309–318.
2. Jalilian A.R., Garousi J., Akhlaghi M., Rowshanfarzad P. Development  $^{111}\text{In}$  labeled insulin for receptor imaging/therapy // J. Radioanal Nucl Chem. – 2009. – V.279. – P. 791–400.
3. Tolmachev V., Feldwisch J., Lindborg M., A influence of an aliphatic linker between DOTA and synthetic ZHER2:342 affibody molecule on targeting properties of the  $^{111}\text{In}$ -labeled conjugate // Nucl Med Biol. – 2011. – V.38. – № 11. – P. 697–706.

#### РАДИАЦИОННО-СТИМУЛИРОВАННЫЙ ПЕРЕНОС ВОДОРОДА В МЕТАЛЛАХ

А.С. Долгов, Ю.И. Тюрин, Н.Н. Никитенков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, Томская область, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634034

E-mail: [ellsworth@tpu.ru](mailto:ellsworth@tpu.ru)

Поведение водорода в металлах является актуальной научно-технической проблемой для широкого круга задач фундаментального и прикладного характера. Интерес к вопросам водородопроницаемости и накопления водорода постоянно растет в связи с необходимостью выбора новых конструкционных материалов для ядерной, термоядерной и водородной энергетики и решения широкого спектра материаловедческих задач [1-6]. Установлено, что посредством радиационного облучения, управляя концентрацией водорода в объеме твердых тел можно создавать неравновесные термодинамические системы, синтез которых традиционными методами невозможен [7–9].

В работе рассмотрены процессы диффузии и выхода водорода (дейтерия) из металлов в атомарном, молекулярном и ионизированном состояниях, при воздействии электронного пучка и рентгеновского излучения в допороговой области энергий. Изучена зависимость интенсивности выхода изотопов водорода от плотности